

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-280007

(P2002-280007A)

(43) 公開日 平成14年9月27日 (2002.9.27)

(51) Int. Cl.	識別記号	P I	キーワード (参考)
H 01 M 8/00		H 01 M 8/00	Z 5 H 02 6 A 5 H 02 7
B 60 L 11/18	Z H V	B 60 L 11/18	Z H V G 5 H 1 1 5
H 01 M 8/02		H 01 M 8/02	R
8/04		8/04	G

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-387934 (P2001-387934)

(22) 出願日 平成13年12月20日 (2001.12.20)

(31) 優先権主張番号 特願2000-402475 (P2000-402475)

(32) 優先日 平成12年12月28日 (2000.12.28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000008264

三菱マテリアル株式会社

東京都千代田区大手町1丁目5番1号

(72) 発明者 秋草 順

茨城県那珂郡那珂町向山1002番地14 三菱マテリアル株式会社総合研究所那珂研究センター内

(72) 発明者 星野 孝二

茨城県那珂郡那珂町向山1002番地14 三菱マテリアル株式会社総合研究所那珂研究センター内

(74) 代理人 100085372

弁理士 須田 正義

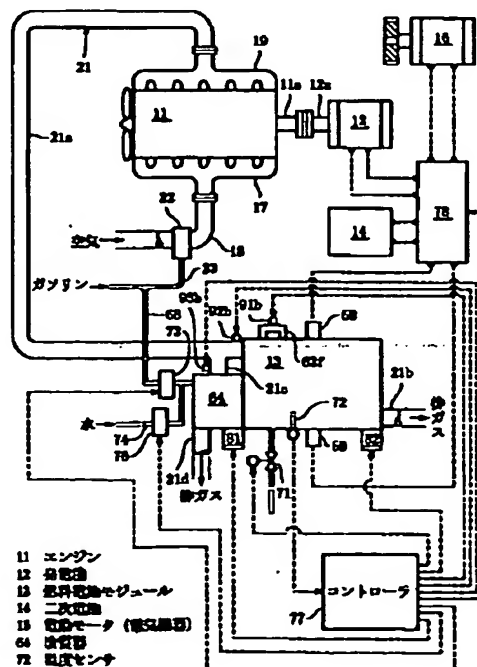
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド動力システム

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池モジュールに供給される燃料ガスの原料として通常のカソリンスタンドで給油可能なガソリンや軽油等を用いる。

【解決手段】 炭化水素を気化した燃料ガスと空気との混合気をエンジン11内で燃焼させて機械的動力を発生する。固体電解質層とこの両面に配設された燃料極層及び空気極層とからなる発電セルを複数積層した燃料電池モジュール13の燃料極層に上記炭化水素を改質した燃料ガスを供給しかつ空気極層に上記空気又は酸素を供給することにより、燃料電池モジュール13は930℃以下で発電可能に構成される。エンジン11の発生する機械的動力又は燃料電池モジュール13の発生する電力のいずれか一方又は双方が出力されるように構成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭化水素を気化した燃料ガスと空気の混合気の燃焼にて機械的動力を発生するエンジン(11)と、固体電解質層(29)とこの固体電解質層(29)の両面に配設された燃料極層(31)及び空気極層(32)とからなる発電セル(24)が複数積層され前記燃料極層(31)に前記炭化水素を改質した燃料ガスを供給しかつ前記空気極層(32)に前記空気又は酸素を供給することにより930℃以下で発電して電力を発生する燃料電池モジュール(13)とを備えたハイブリッド動力システムであって、

前記エンジン(11)の発生する機械的動力又は前記燃料電池モジュール(13)の発生する電力のいずれか一方又は双方を出力するように構成されたことを特徴とするハイブリッド動力システム。

【請求項2】 エンジン(11)から排出された排ガスにより、燃料電池モジュール(13)が加熱されて起動可能に構成された請求項1記載のハイブリッド動力システム。

【請求項3】 エンジン(11)の発生する機械的動力が発電機(12)により電力に変換されて出力されるように構成された請求項1又は2記載のハイブリッド動力システム。

【請求項4】 燃料電池モジュール(13)又は発電機(12)のいずれか一方又は双方が発生する電力を蓄える二次電池(14)を更に備えた請求項1ないし3いずれか記載のハイブリッド動力システム。

【請求項5】 燃料電池モジュール(13)、発電機(12)及び二次電池(14)からなる群より選ばれた1種又は2種以上の発生する電力が電気機器(16)に出力され、前記電気機器(16)が前記電力により駆動されるように構成された請求項1ないし4いずれか記載のハイブリッド動力システム。

【請求項6】 電気機器(16)が電動モータである請求項5記載のハイブリッド動力システム。

【請求項7】 エンジン(11)から排出された排ガスにより、発電セル(24)に供給される燃料ガスが改質されるように構成された請求項1ないし6いずれか記載のハイブリッド動力システム。

【請求項8】 燃料ガスを予熱して燃料極層(31)に供給するための燃料予熱管(61)が燃料電池モジュール(13)内に設けられ、

酸化剤ガスを予熱して酸化剤極層(32)に供給するために酸化剤予熱管(62)が前記燃料電池モジュール(13)内に設けられ、

エンジン(11)から排出された排ガスにより前記酸化剤予熱管(62)が予熱され、

前記エンジン(11)から排出された排ガスにより前記燃料予熱管(61)が予熱されて前記燃料予熱管(61)内を通る水蒸気を含む炭化水素が改質されるように構成された請求項1ないし7いずれか記載のハイブリッド動力システム。

【請求項9】 燃料予熱管(61)内に炭化水素が流通可能な密度で改質粒子が充填された請求項7又は8記載のハイブリッド動力システム。

【請求項10】 燃料電池モジュール(13)近傍に改質器(64)が設けられ、

前記改質器(64)がエンジン(11)の排ガスが導入される改質用ケース(66)と、前記改質用ケース(66)に収容されかつ炭化水素が流通可能な密度で改質粒子が充填された改質管(67)とを有し、

10 前記炭化水素が改質管(67)を通過することにより前記炭化水素が低炭化水素族の燃料ガス、或いはCO又はH<sub>2</sub>の燃料ガスに改質されて前記燃料電池モジュール(13)に供給されるように構成された請求項1ないし9いずれか記載のハイブリッド動力システム。

【請求項11】 改質器(64)内の改質管(67)を加熱する第1補助加熱器(81)が設けられた請求項10記載のハイブリッド動力システム。

【請求項12】 燃料予熱管(61)及び酸化剤予熱管(62)を加熱する第2補助加熱器(82)が燃料電池モジュール(13)内に設けられた請求項7ないし11いずれか記載のハイブリッド動力システム。

【請求項13】 燃料予熱管(61)の基端に燃料供給パイプ(68)が接続され、炭化水素のうち常温で液体である高融点の炭化水素を霧状に噴射して前記燃料予熱管(61)に供給する燃料噴射器(73)が前記燃料供給パイプ(68)に設けられた請求項7ないし12いずれか記載のハイブリッド動力システム。

【請求項14】 燃料供給パイプ(68)に水供給パイプ(74)が接続され、水を霧状に噴射して前記燃料供給パイプ(73)に供給する水噴射器(76)が前記水供給パイプ(73)に設けられた請求項13記載のハイブリッド動力システム。

【請求項15】 燃料電池モジュール(13)にこの燃料電池モジュール(13)の温度を検出するモジュール温度センサ(72)が挿入され、

前記燃料電池モジュール(13)がエンジン(11)の排ガスにより加熱されて前記燃料電池モジュール(13)の発電可能な温度に達したことを前記モジュール温度センサ(72)が検出したときにコントローラ(77)が前記燃料電池モジュール(13)を制御して発電運転を開始するように構成された請求項1ないし14いずれか記載のハイブリッド動力システム。

【請求項16】 電気機器(16)の負荷に基づいてコントローラ(77)がエンジン(11)、燃料電池モジュール(13)及び二次電池(14)からなる群より選ばれた1種又は2種以上を制御するように構成された請求項15記載のハイブリッド動力システム。

【請求項17】 酸化剤予熱管(62)の基端に設けられた酸化剤供給パイプ(69)に酸化剤流量調整弁(71)が設けられ、

改質器(64)の温度を改質器温度センサが検出し、コントローラ(77)がモジュール温度センサ(72)及び改質器温度センサの各検出出力に基づいて燃料噴射器(73)、水噴射器(76)、酸化剤流量調整弁(71)、第1補助加熱器(81)及び第2補助加熱器(82)を制御するように構成された請求項15又は16記載のハイブリッド動力システム。

【請求項18】 燃料電池モジュール(13)を収容する電池ケース(63)の内側室(63d)及び外側室(63e)を連通する連通管(63f)にこの連通管(63f)を開閉する第1モータバルブ(91)が設けられ、エンジン(11)と前記燃料電池モジュール(13)とを連通する上流側排気管(21a)にこの上流側排気管(21a)を開閉する第2モータバルブ(92)が設けられ、前記上流側排気管(21a)と改質器(64)とを連通する上流側分岐管(21c)にこの上流側分岐管(21c)を開閉する第3モータバルブ(93)が設けられ、コントローラ(77)がモジュール温度センサ(72)及び改質器温度センサの各検出出力に基づいて前記第1～第3モータバルブ(91～93)を制御するように構成された請求項15ないし17いずれか記載のハイブリッド動力システム。

【請求項19】 電気機器(16)又はエンジン(11)の発生する機械的動力のいずれか一方又は双方により自動車、船、電車、飛行機、モータサイクル又は建設機械が駆動されるように構成された請求項1ないし18いずれか記載のハイブリッド動力システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体酸化物型の燃料電池モジュールを用いたハイブリッド動力システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、液体燃料及び水を主成分とする原料を改質器のバーナで加熱・分解して水素ガスを生成し、電解質層の両面に燃料電極及び酸素電極が配設された燃料電池が改質器で生成された水素ガスを燃料電極に取込んで発電するとともに所定の負荷に定常的な電力を供給し、二次電池が負荷に少なくとも負荷始動時若しくは負荷変動時に所要の電力を供給し、更に電力供給切替え手段が燃料電池及び二次電池からの電力供給を切替え可能に構成された燃料電池発電システムが開示されている(特開平6-140065号)。この燃料電池発電システムでは、改質器のバーナが噴射した燃焼ガスを燃料電池に導く燃料電池加熱手段が設けられ、この燃料電池加熱手段により燃料電池が始動可能(発電可能)な温度に加熱されるように構成される。また電解質層がイオン導電性を有する高分子膜系で形成され、液体燃料としてはメタノールが用いられる。

【0003】このように構成された燃料電池発電システ

ムでは、改質器で水素生成時に使用するバーナの燃焼ガスによって燃料電池を所定の温度に達するまで加熱することにより、燃料電池の発電開始までの時間を大幅に短縮することができるので、燃料電池の発電効率の向上を図ることができる。またこれにより二次電池からの電力供給を低減することができるので、二次電池の数を減らすことができ、コンパクトで軽量の燃料電池発電システムが得られるようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来の特開平6-140065号公報に示された燃料電池発電システムでは、燃料電池に供給される燃料ガスの原料がメタノールであるため、このシステムを自動車に搭載した場合、通常のカソリンスタンドでは給油できない不具合があった。また、上記従来の燃料電池発電システムでは、燃料電池の作動温度が比較的低いため、メタノールを改質器で $H_2$ (水素ガス)に完全に改質した後に燃料電池に供給しないと燃料電池の発電効率が低下する問題点があった。更に、上記従来の燃料電池発電システムでは、電解質層が高分子膜系により形成されているため、発電セルからCO(一酸化炭素)が排出されるおそれがあり、この一酸化炭素の処理が煩わしい問題点もあった。

【0005】本発明の第1の目的は、燃料電池モジュールに供給される燃料ガスの原料として通常のカソリンスタンドで給油可能なカソリンや軽油等を用いることができる、ハイブリッド動力システムを提供することにある。本発明の第2の目的は、燃料電池の作動温度が比較的高いため、 $H_2$ の他にCOや $CH_4$ (メタンガス)を直接燃料電池に供給しても、燃料電池モジュールが効率良く発電できる、ハイブリッド動力システムを提供することにある。本発明の第3の目的は、燃料電池の作動温度が比較的高いため、エンジン又は燃料電池の廃熱を利用することにより、カソリンや軽油等の炭化水素を低炭化水素、CO又は $H_2$ に速やかに改質することができる、ハイブリッド動力システムを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、図1及び図2に示すように、炭化水素を気化した燃料ガスと空気の混合気の燃焼にて機械的動力を発生するエンジン11と、固体電解質層29とこの固体電解質層29の両面に配設された燃料電極層31及び空気電極層32とからなる発電セル24が複数積層され燃料電極層31に上記炭化水素を改質した燃料ガスを供給しかつ空気電極層32に上記空気又は酸素を供給することにより930℃以下で発電可能な燃料電池モジュール13とを備えたハイブリッド動力システムであって、エンジン11の発生する機械的動力又は燃料電池モジュール13の発生する電力のいずれか一方又は双方を出力するように構成されたことを特徴とする。

【0007】この請求項1に記載されたハイブリッド動力システムでは、エンジン11を始動すると、エンジン11が機械的動力を発生する。また燃料電池モジュール13が発電可能な温度に達すると、炭化水素を改質した燃料ガスが空気又は酸素とともに燃料電池モジュール13に供給され、燃料電池モジュール13が発電を開始して電力を発生する。燃料電池モジュール13の発生する電力が十分であるときには、エンジン11を停止し、燃料電池モジュール13の発生する電力が不足しているときには、エンジン11を始動して、エンジン11の発生する機械的動力を出力する。

【0008】請求項2に係る発明は、請求項1に係る発明であって、更に図1に示すように、エンジン11から排出された排ガスにより、燃料電池モジュール13が加熱されて起動可能に構成されたことを特徴とする。この請求項2に記載されたハイブリッド動力システムでは、エンジン11から排出された排ガスの熱により、燃料電池モジュール13が加熱されて起動可能な温度まで上昇するので、燃料電池モジュール13が発電可能になる。

【0009】請求項3に係る発明は、請求項1又は2に係る発明であって、更に図1に示すように、エンジン11の発生する機械的動力が発電機12により電力に変換されて出力されるように構成されたことを特徴とする。この請求項3に記載されたハイブリッド動力システムでは、エンジン11を始動すると、エンジン11により発電機12が駆動されて電力を発生する。燃料電池モジュール13が発電可能な温度に達すると、炭化水素を改質した燃料ガスが空気又は酸素とともに燃料電池モジュール13に供給され、燃料電池モジュール13が発電を開始して電力を発生する。燃料電池モジュール13の発生する電力が十分であるときには、エンジン11を停止し、燃料電池モジュール13の発生する電力が不足しているときには、エンジン11を始動して、エンジン11の発生する機械的動力を発電機12により電力に変換して出力する。

【0010】請求項4に係る発明は、請求項1ないし3いずれかに係る発明であって、更に図1に示すように、燃料電池モジュール13又は発電機12のいずれか一方又は双方が発生する電力を蓄える二次電池14を更に備えたことを特徴とする。この請求項4に記載されたハイブリッド動力システムでは、出力が不足しているときに、二次電池14に蓄えられた電力が出力され、燃料電池モジュール13又は発電機12の発生する電力が余っているときに、燃料電池モジュール13又は発電機12の発生する電力が二次電池14に蓄えられる。

【0011】請求項5に係る発明は、請求項1ないし4いずれかに係る発明であって、更に図1に示すように、燃料電池モジュール13、発電機12及び二次電池14からなる群より選ばれた1種又は2種以上の発生する電力が電気機器16に出力され、この電気機器16が上記

電力により駆動されるように構成されたことを特徴とする。この請求項5に記載されたハイブリッド動力システムでは、エンジン11を始動すると、エンジン11により発電機12が駆動されて電力を発生し、この電力は電気機器16に出力される。燃料電池モジュール13が発電可能な温度に達すると、炭化水素を改質した燃料ガスが空気又は酸素とともに燃料電池モジュール13に供給され、燃料電池モジュール13が発電を開始して電力を発生し、この電力は電気機器16に供給される。燃料電池モジュール13から電気機器16に出力される電力が十分であるときには、エンジン11を停止する。また電気機器16に出力される電力が不足しているときには、エンジン11を始動して、エンジン11の発生する機械的動力を発電機12により電力に変換して電気機器16に出力する。また上記電気機器16が電動モータであることが好ましい。

【0012】請求項7に係る発明は、請求項1ないし6いずれかに係る発明であって、更に図1及び図2に示すように、エンジン11から排出された排ガスにより、発電セル24に供給される燃料ガスが改質されるように構成されたことを特徴とする。この請求項7に記載されたハイブリッド動力システムでは、エンジン11から排出された排ガスの熱により、発電セル24に供給される前の燃料ガスが改質可能な温度まで上昇するので、燃料ガスは改質されて発電運転に最適な低炭化水素族になる。

【0013】請求項8に係る発明は、請求項1ないし7いずれかに係る発明であって、更に図1及び図2に示すように、燃料ガスを予熱して燃料極層31に供給するための燃料予熱管61が燃料電池モジュール13内に設けられ、酸化剤ガスを予熱して酸化剤極層32に供給するために酸化剤予熱管62が燃料電池モジュール13内に設けられ、エンジン11から排出された排ガスにより酸化剤予熱管62が予熱され、エンジン11から排出された排ガスにより燃料予熱管61が予熱されて燃料予熱管61内を通る水蒸気を含む炭化水素が改質されるように構成されたことを特徴とする。この請求項8に記載されたハイブリッド動力システムでは、燃料予熱管61内の燃料ガス及び酸化剤予熱管62内の酸化剤ガスがエンジン11の排ガスにより加熱された後に、発電セル24に供給されるので、発電セル24は速やかに最適な温度に上昇して発電可能となる。

【0014】請求項9に係る発明は、請求項7又は8に係る発明であって、更に図2に示すように、燃料予熱管61内に炭化水素が流通可能な密度で改質粒子が充填されたことを特徴とする。この請求項9に記載されたハイブリッド動力システムでは、水蒸気を含む燃料ガスが燃料予熱管61内で改質粒子に接触し低炭化水素族の燃料ガス等に改質されて発電セル24に供給される。

【0015】請求項10に係る発明は、請求項1ないし9いずれかに係る発明であって、更に図1及び図2に示

10

20

30

40

50

すように、燃料電池モジュール13近傍に改質器64が設けられ、改質器64がエンジン11の排ガスが導入される改質用ケース66と、改質用ケース66に収容されかつ炭化水素が流通可能な密度で改質粒子が充填された改質管67とを有し、炭化水素が改質管67を通過することにより炭化水素が低炭化水素族の燃料ガス、或いはCO又はH<sub>2</sub>の燃料ガスに改質されて燃料電池モジュール13に供給されるように構成されたことを特徴とする。この請求項10に記載されたハイブリッド動力システムでは、炭化水素が水とともに改質器64の改質管67に流入すると、この炭化水素及び水は改質用ケース66内を通過する排ガスにて加熱されて気化し、水蒸気を含む燃料ガスになる。この水蒸気を含む燃料ガスは改質管67内で改質粒子に接触し低炭化水素族の燃料ガス等に改質されて燃料電池モジュール13に供給される。また改質器64が燃料モジュール13近傍に設けられているので、改質器64が燃料モジュール13から発電時に発生する熱を吸収して、水蒸気を含む燃料ガスが改質管67内で改質粒子により更に効率良く低炭化水素族の燃料ガス等に改質される。

【0016】請求項11に係る発明は、請求項10に係る発明であって、更に図2に示すように、改質器64内の改質管67を加熱する第1補助加熱器81が設けられたことを特徴とする。この請求項11に記載されたハイブリッド動力システムでは、炭化水素が水とともに改質器64の改質管67に流入すると、この炭化水素及び水は改質用ケース66内を通過するエンジン11の排ガスのみならず、第1補助加熱器81により加熱されるので、速やかに気化して水蒸気を含む燃料ガスになる。この水蒸気を含む燃料ガスは改質管67内で改質粒子に接

触し、速やかに低炭化水素族の燃料ガス、或いはCO又はH<sub>2</sub>の燃料ガスに改質される。

【0017】請求項12に係る発明は、請求項7ないし11いずれかに係る発明であって、更に図2に示すように、燃料電池モジュール13内の燃料予熱管61及び酸化剤予熱管62を加熱する第2補助加熱器82が設けられたことを特徴とする。この請求項12に記載されたハイブリッド動力システムでは、低炭化水素族の燃料ガス、或いはCO又はH<sub>2</sub>の燃料ガスが燃料電池モジュール13内の燃料予熱管61に流入し、酸化剤ガスが酸化剤予熱管62に流入すると、燃料ガス及び酸化剤ガスは燃料電池モジュール13内を通過するエンジン11の排ガスのみならず、第2補助加熱器82により加熱され、発電に最適な比較的高温に加熱された後に発電セル24に供給される。

【0018】請求項13に係る発明は、請求項7ないし12いずれかに係る発明であって、更に図1及び図2に示すように、燃料予熱管61の基端に燃料供給パイプ68が接続され、炭化水素のうち常温で液体である高融点の炭化水素を霧状に噴射して燃料予熱管61に供給する

燃料噴射器73が燃料供給パイプ68に設けられたことを特徴とする。請求項14に係る発明は、請求項13に係る発明であって、更に図1及び図2に示すように、燃料供給パイプ68に水供給パイプ74が接続され、水を霧状に噴射して燃料供給パイプ73に供給する水噴射器76が水供給パイプ73に設けられたことを特徴とする。これら請求項13又は14に記載されたハイブリッド動力システムでは、液体の燃料又は水を速やかに気化することができる。

10 【0019】請求項15に係る発明は、請求項1ないし14いずれかに係る発明であって、更に図1に示すように、燃料電池モジュール13にこの燃料電池モジュール13の温度を検出するモジュール温度センサ72が挿入され、燃料電池モジュール13がエンジン11の排ガスにより加熱されて燃料モジュール13の発電可能な温度に達したことをモジュール温度センサ72が検出したときにコントローラ77が燃料電池モジュール13を制御して発電運転を開始するように構成されたことを特徴とする。この請求項15に記載されたハイブリッド動力システムでは、エンジン11始動直後のように燃料電池モジュール13が低温であるときには、燃料電池モジュール13による発電を停止した状態に保ち、燃料電池モジュール13がエンジン11の排ガスにより加熱されて発電可能な温度に達したことを温度センサ72が検出すると、燃料電池モジュール72による発電を開始させるので、燃料電池モジュール13による効率の良い発電が可能となる。

【0020】また電気機器16の負荷に基づいてコントローラ77がエンジン11、燃料電池モジュール13及び二次電池14からなる群より選ばれた1種又は2種以上を制御するように構成されることが好ましい。また酸化剤予熱管62の基端に設けられた酸化剤供給パイプ69に酸化剤流量調整弁71が設けられ、改質器64の温度を改質器温度センサが検出し、コントローラ77がモジュール温度センサ72及び改質器温度センサの各検出出力に基づいて燃料噴射器73、水噴射器76、酸化剤流量調整弁71、第1補助加熱器81及び第2補助加熱器82を制御するように構成することができる。

【0021】また燃料電池モジュール13を収容する電池ケース63の内側室63d及び外側室63eを連通する連通管63fにこの連通管63fを開閉する第1モータバルブ91が設けられ、エンジン11と燃料電池モジュール13とを連通する上流側排気管21aにこの上流側排気管21aを開閉する第2モータバルブ92が設けられ、上流側排気管21aと改質器64とを連通する上流側分岐管21cにこの上流側分岐管21cを開閉する第3モータバルブ93が設けられ、コントローラ77がモジュール温度センサ72及び改質器温度センサの各検出出力に基づいて第1～第3モータバルブ91～93を制御するように構成されることが出来る。なお、電気機

器16又はエンジン11の発生する機械的動力のいずれか一方又は双方により自動車、船、電車、飛行機、モータサイクル又は建設機械が駆動されるように構成されることが好ましい。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施の形態を図面に基いて説明する。図1に示すように、本発明のハイブリッド動力システムは自動車に搭載される。このハイブリッド動力システムはガソリンを燃料とするエンジン11と、このエンジン11のクランク軸11aを入力軸12aが連結された発電機12と、930℃以下で発電可能な燃料電池モジュール13と、二次電池14と、電動モータ16とを備える。エンジン11の吸気ポートには吸気マニホールド17を介して吸気管18が接続され、エンジン11の排気ポートには排気マニホールド19を介して排気管21の上流側排気管21aが接続される。吸気管18の途中にはガソリンを気化させて吸気管18に供給する気化器22が設けられ、この気化器22には基端が燃料タンク（ガソリンが貯留される。）に接続された給油管23の先端が接続される。気化器22で気化されたガソリンは空気と混合され吸気管18及び吸気マニホールド17を通してエンジン11のシリンダ（図示せず）に供給され、このシリンダ内で爆発的に燃焼してピストン（図示せず）を駆動することにより、クランク軸11aを回転させるように構成される。また発電機12は上記クランク軸11aの回転力が入力軸12aに伝達されることにより電力を発生するように構成される。なお、本発明は円筒状のピストン及びクランク軸を有するレシプロエンジンではなく、三角形のロータ及び偏心軸を有するロータリエンジンにも適用できる。

【0023】燃料電池モジュール13は300～900℃の範囲で発電可能であることが好ましく、図2に示すように、積層された(n+1)個の発電セル24を有する燃料電池26と、この燃料電池26の近傍にそれぞれ設けられた燃料用ディストリビュータ27及び空気用ディストリビュータ28とを備える。ここで、nは正の整数である。発電セル24は円板状の固体電解質層29と、この固体電解質層29の両面に配設された円板状の燃料極層31及び空気極層32とからなる。i番目(i=1, 2, …, n)の発電セル24の燃料極層31とこの燃料極層31に隣接する(i+1)番目の発電セル24の空気極層32との間には導電性材料により正方形板状に形成されたセパレータ33がそれぞれ1枚ずつ合計n枚介装される。またi番目の発電セル24の燃料極層31とj番目(j=1, 2, …, n)のセパレータ33との間には円板状に形成されかつ導電性を有する多孔質の燃料極集電体34が介装され、(i+1)番目の発電セル24の空気極層32とj番目のセパレータ33との間には円板状に形成されかつ導電性を有する多孔質の空気極集電体36が介装される。更に1番目の発電セル2

4の空気極層32には空気極集電体36を介して導電性材料により正方形板状に形成された単一の第1端板41が積層され、(n+1)番目の発電セル24の燃料極層31には燃料極集電体34を介して導電性材料により正方形板状に形成された単一の第2端板42が積層される。なお、固体電解質層、燃料極層、空気極層、燃料極集電体及び空気極集電体は円板状ではなく、四角形板状、六角形板状、八角形板状等の多角形板状に形成してもよい。また、セパレータ、第1端板及び第2端板は正方形板状ではなく、円板状、或いは長方形板状、六角形板状、八角形板状等の多角形板状に形成してもよい。

【0024】固体電解質層29は酸化物イオン伝導体により形成される。具体的には、一般式(1):  $Ln1A Ga B1 B2 B3 O$  で示される酸化物イオン伝導体である。但し、上記一般式(1)において、Ln1はLa, Ce, Pr, Nd及びSmからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって43.6～51.2重量%含まれ、AはSr, Ca及びBaからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって5.4～11.1重量%含まれ、Gaは20.0～23.9重量%含まれ、B1はMg, Al及びInからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、B2はCo, Fe, Ni及びCuからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、B3はAl, Mg, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn及びZrからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、B1とB3又はB2とB3がそれぞれ同一の元素でないとき、B1は1.21～1.76重量%含まれ、B2は0.84～1.26重量%含まれ、B3は0.23～3.08重量%含まれ、B1とB3又はB2とB3がそれぞれ同一の元素であるとき、B1の含有量とB3の含有量の合計が1.41～2.70重量%であり、B2の含有量とB3の含有量の合計が1.07～2.10重量%である。

【0025】また固体電解質層29を一般式(2):  $Ln1-xA1-x-y-zB1, B2, B3, O_{2-d}$  で示される酸化物イオン伝導体により形成してもよい。但し、上記一般式(2)において、Ln1はLa, Ce, Pr, Nd及びSmからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、AはSr, Ca及びBaからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、B1はMg, Al及びInからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、B2はCo, Fe, Ni及びCuからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、B3はAl, Mg, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn及びZrからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、xは0.05～0.3、yは0.025～0.29、zは0.01～0.15、wは0.01～0.15、y+z+wは0.035～0.3及びdは0.04～0.3である。上記のような酸化物イオン伝導体にて固体電解質層29を形成することに



より、燃料電池26の発電効率を低下させずに、発電運転を $650 \pm 50^\circ\text{C}$ と比較的低温で行うことが可能となる。

【0026】燃料極層31はNi等の金属により構成されたり、又はNi-YSZ等のサーメットにより構成されたり、或いはNiと一般式(3):  $\text{Ce}_{1-m}\text{D}_m\text{O}_2$ で表される化合物との混合体により多孔質に形成される。但し、上記一般式(3)において、DはSm, Gd, Y及びCaからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、mはD元素の原子比であり、0.05

〜0.4、好ましくは0.1〜0.3の範囲に設定される。

【0027】空気極層32は一般式(4):  $\text{Ln}_2\text{L}_n\text{E}_y\text{Co}_x\text{O}_{3-d}$ で示される酸化物イオン伝導体により多孔質に形成される。但し、上記一般式(4)において、 $\text{Ln}_2$ はLa又はSmのいずれか一方又は双方の元素であり、 $\text{Ln}_3$ はBa, Ca又はSrのいずれか一方又は双方の元素であり、EはFe又はCuのいずれか一方又は双方の元素である。またxは $\text{Ln}_3$ の原子比であり、0.5を越え1.0未満の範囲に設定される。yはCo元素の原子比であり、0を越え1.0以下、好ましくは0.5以上1.0以下の範囲に設定される。dは−0.5以上0.5以下の範囲に設定される。

【0028】上記発電セル24の製造方法の一例を下記に示す。先ず原料粉末として、 $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CoO}$ の各粉末を $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.15}\text{Co}_{0.05}\text{O}_{2.8}$ となるように秤量して混合した後に、 $1100^\circ\text{C}$ で予備焼成して仮焼体を作製する。次いでこの仮焼体を粉砕した後に、所定のバインダ、溶剤などを加えて混合することによりスラリーを調製し、このスラリーをドクターブレード法によりグリーンシートを作製する。次にこのグリーンシートを空气中で十分に乾燥し、所定の寸法に切出した後に、 $1450^\circ\text{C}$ で焼結することにより固体電解質層29を得る。この固体電解質層29の一方の面に、Niと $(\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2})\text{O}_2$ が体積比で6:4となるように、NiO粉末と $(\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2})\text{O}_2$ 粉末とを混合した後に、この混合粉末を $1100^\circ\text{C}$ で焼付けることにより燃料極層31を形成する。更に上記固体電解質層29の他方の面に

【0029】セパレータ33はステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成されることが好ましい。例えば、SUS316、インコネル600、ハステロイX (Haynes Stellite社の商品名)、ヘインズアロイ214などが挙げられる。またセパレータ33には燃料供給通路43と、空気供給通路44 (酸化剤供給通路)と、複数の挿入穴33aが形成される (図3及び図

4)。燃料供給通路43はセパレータ33の外周面から略中心に向う第1燃料穴43aと、第1燃料穴43aに連通しセパレータ33の略中心から燃料極集電体34に臨む第2燃料穴43bとを有する。また空気供給通路44はセパレータ33の厚さ方向に直交する方向に延びて形成され基端がセパレータ33外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第1空気穴44aと、セパレータ33の厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され単一の第1空気穴44aに連通し更に両端が閉止された複数の第2空気穴44bと、セパレータ33の空気極集電体36に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2空気穴44bに連通するように形成された多数の第3空気穴44cとを有する。

【0030】上記複数の第2空気穴44bは、第1空気穴44aの基端が形成されたセパレータ33の一方の側面に隣接する側面から互いに平行に形成した後に、この隣接する側面に閉止板45を接合することにより両端が閉止された長穴となる。複数の挿入穴33aは燃料供給通路43及び空気供給通路44のいずれにも連通しないように第1燃料穴43a及び第2空気穴44bに平行に形成され、これらの挿入穴33aには第1ヒータ31がそれぞれ挿入される (図4)。またセパレータ33の燃料極集電体34に対向する面には3本のスリット33bがセパレータ33の略中心から渦巻き状にそれぞれ形成され (図5)、これらのスリット33bの深さは全長にわたって同一となるように形成される。なお、上記スリットは3本ではなく、2本又は4本以上であってもよい。また、スリットの深さをセパレータの中心から離れるに従って次第に深く若しくは浅くなるように形成して

【0031】図3に戻って、燃料極集電体34はステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケル、銀、銀合金又は銅により多孔質に形成され、ステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成した場合、ニッケルめっき、銀めっき、ニッケル下地めっきを介する銀めっき若しくは銅めっきを施すことが好ましい。空気極集電体36はステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀、銀合金又は白金により多孔質に形成され、ステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成した場合、銀めっき、ニッケル下地めっきを介する銀めっき若しくは白金めっきを施すことが好ましい。なお、改質された燃料ガスとして $\text{C}_2\text{H}_2$ などの低炭化水素族の燃料ガスを用いた場合には、燃料極集電体はニッケルめっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケルにより形成され、燃料ガスとしてCO又は $\text{H}_2$ を用いた場合には、燃料極集電体は銀めっき、ニッケル下地めっきを介する銀めっき若しくは銅めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀、銀合金又は銅により形成される。上記燃料極集電体34の製造方法

の一例を下記に示す。先ずステンレス鋼などのアトマイズ粉末とHPMC（水溶性樹脂結合剤）を混練した後、蒸留水及び添加剤（ $n$ -ヘキサン（有機溶剤）、DBS（界面活性剤）、グリセリン（可塑剤）など）を加えて混練して混合スラリーを調製する。次にこの混合スラリーをドクタブレード法により成形体を作製した後、所定の条件で発泡、脱脂及び焼結して多孔質板を得る。更にこの多孔質板を所定の寸法に切出して燃料極集電体34を作製する。なお、ステンレス鋼のアトマイズ粉末を用いた場合には、表面にニッケルめっき、クロムめっき又は銀めっきが施される。また上記空気極集電体36も上記燃料極集電体34とはほぼ同様にして作製される。

【0032】第1端板41及び第2端板42はセパレータ33と同一材料により同一形状（正方形板状）に形成される。第1端板41には空気供給通路48及び複数の挿入穴（図示せず）が形成され、第2端板42には燃料供給通路47及び複数の挿入穴（図示せず）が形成される。空気供給通路48は空気供給通路43と同様に形成され、第1端板41の厚さ方向に直交する方向に延びて形成され基端が第1端板41外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第1空気穴（図示せず）と、第1端板41の厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され単一の第1空気穴に連通し更に両端が閉止された複数の第2空気穴48bと、第1端板41の空気極集電体36に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2空気穴48bに連通するように形成された多数の第3空気穴（図示せず）とを有する。また燃料供給通路47は燃料供給通路43と同様に形成され、第2端板42の外周面から略中心に向う第1燃料穴47aと、第1燃料穴47aに連通し第2端板42の略中心から燃料極集電体34に臨む第2燃料穴47bとを有する。

【0033】第1端板41に形成された複数の第2空気穴48bは、第1空気穴の基端が形成された第1端板41の一方の側面に隣接する側面から互いに平行に形成した後に、この隣接する側面に閉止板45を接合することにより両端が閉止された長穴となる。また第1端板41の複数の挿入穴は空気供給通路48に連通しないように第2空気穴48bに平行に形成され、これらの挿入穴にはヒータ（図示せず）がそれぞれ挿入される。第2端板42の複数の挿入穴は燃料供給通路47に連通しないように第1燃料穴47aに平行に形成され、これらの挿入穴にはヒータ（図示せず）がそれぞれ挿入される。第2端板42の上面、即ち第2端板42の燃料極集電体46への対向面には3本のスリット42bが第2端板22の略中心から渦巻き状に形成される（図3）。これらのスリット42bの深さは全長にわたって同一となるように形成される。なお、上記スリットは3本ではなく、2本又は4本以上であってもよい。また、スリットの深さをセパレータの中心から離れるに従って次第に深く若しく

は浅くなるように形成してもよい。

【0034】更にセパレータ33、第1端板41及び第2端板42の四隅にはボルト（図示せず）を挿通可能な通孔33cが形成される（図4及び図5）。 $(n+1)$ 個の発電セル24と、 $n$ 枚のセパレータ33と、 $(n+1)$ 個の燃料極集電体34と、 $(n+1)$ 個の空気極集電体36と、単一の第1端板41と、単一の第2端板42とを積層したときに、上記セパレータ33、第1端板41及び第2端板42の四隅に形成された通孔33cにボルトをそれぞれ挿通した後に、これらのボルトの先端にナットをそれぞれ螺合することにより、燃料電池26が上記積層した状態で固定されるようになっている。

【0035】図2に戻って、燃料用ディストリビュータ27及び空気用ディストリビュータ28は発電セル24の積層方向に延びてそれぞれ設けられ、両端が閉止された筒状に形成される。燃料用ディストリビュータ27は $(n+1)$ 本の燃料用短管51を介して $n$ 枚のセパレータ33の燃料供給通路43の第1燃料穴43a及び単一の第2端板42の燃料供給通路47の第1燃料穴47aにそれぞれ連通接続され、空気用ディストリビュータ28は $(n+1)$ 本の空気用短管52を介して $n$ 枚のセパレータ33の空気供給通路44の第1空気穴44a及び単一の第1端板41の空気供給通路48の第1空気穴（図示せず）にそれぞれ連通接続される。この実施の形態では、燃料用ディストリビュータ27、空気用ディストリビュータ28、燃料用短管51及び空気用短管52はステンレス鋼などの導電性材料により形成される。

【0036】燃料用短管51と燃料用ディストリビュータ27との間には、燃料用短管51と燃料用ディストリビュータ27との電気的絶縁を確保するために、アルミナ等の電気絶縁性材料により形成された燃料用絶縁管（図示せず）が介装され、これらの隙間はガラス等の燃料用封止部材（図示せず）により封止される。また空気用短管52と空気用ディストリビュータ28との間には、空気用短管52と空気用ディストリビュータ28との電気的絶縁を確保するために、アルミナ等の電気絶縁性材料により形成された空気用絶縁管（図示せず）が介装され、これらの隙間はガラス等の空気用封止部材（図示せず）により封止される。

【0037】第1端板41の上面中央及び第2端板42の下面中央には一対の電極端子58、58（この実施の形態では電極棒）が電気的にそれぞれ接続される。燃料用ディストリビュータ27の上部外周面には燃料予熱管61が接続され、この燃料予熱管61は燃料電池26の外周面から所定の間隔をあけかつ一対の電極端子58、58の軸線を中心とする螺旋状に巻回される。また空気用ディストリビュータ28の上部外周面には空気予熱管62が接続され、この空気予熱管62は燃料電池26の外周面から所定の間隔をあけかつ一対の電極端子58、58の軸線を中心とする螺旋状に巻回される。上記燃料



予熱管61の螺旋半径は上記空気予熱管62の螺旋半径より小さく形成される。

【0038】上記燃料電池26は燃料用ディストリビュータ27、空気用ディストリビュータ28、燃料予熱管61及び空気予熱管62とともに電池ケース63に収容される。燃料電池26、燃料用ディストリビュータ27及び空気用ディストリビュータ28と、燃料予熱管61及び空気予熱管62とは、円筒状の仕切り板63cにより内側室63dと外側室63eとに区画される。この内側室63dと外側室63eは連通管63fにより連通される。また電池ケース63の外周面上部にはこのケース63内にエンジン11の排ガスを導入するための排ガス導入口63aが形成され、電池ケース63の外周面下部にはこのケース63に導入された排ガスを燃料電池26から排出された燃料ガス及び空気とともにケース63外に排出するための排ガス排出口63bが形成される。上記排ガス導入口63aには上流側排気管21aが接続され、上記排ガス排出口63bには下流側排気管21bが接続される。また電池ケース63の外周面には改質器64が設けられる。この改質器64はエンジン11の排ガスが導入される改質用ケース66と、改質用ケース66に収容されかつエンジン11の排ガスにより加熱される改質管67とを有する。改質用ケース66にはエンジン11の排ガスを導入する排ガス入口66aと、エンジン11の排ガスを排出する排ガス出口66bとが設けられる。上記排ガス入口66aには上流側排気管21aから分岐した上流側分岐管21cが接続され、上記排ガス出口66bには下流側分岐管21dが接続される。また燃料予熱管51の基端には給油管23から分岐したガソリン供給パイプ68が改質管67を介して接続される。更に上記改質管67にはガソリン、軽油、 $\text{CH}_4$ 等の低炭化水素族の燃料ガスが流通可能な密度で改質粒子（図示せず）が充填される。この改質粒子は $\text{Ni}$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{NiAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ThO}_2$ 、 $\text{Ce}_2\text{O}_3$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{BaO}$ 及び $\text{TiO}_2$ からなる群より選ばれた1種又は2種以上を含む元素又は酸化物により形成されることが好ましい。

【0039】図1及び図2の符号69は電池ケース63内の空気予熱管52の基端に接続されかつ空気予熱管52に空気（酸素でもよい。）を供給するための空気供給パイプであり、このパイプ69には空気流量調整弁71が設けられる（図1）。燃料電池モジュール13にはこの燃料電池モジュール13の温度を検出するモジュール温度センサ72が挿入され（図1及び図2）、ガソリン供給パイプ68にはガソリン噴射器73が設けられる（図1）。またガソリン噴射器73の下流側のガソリン供給パイプ68には水供給パイプ74が接続され、この水供給パイプ74には水噴射器76が設けられる。ガソ

リン噴射器73は常温で液体である高沸点の炭化水素（軽油など）を霧状に噴射して改質管67に供給するように構成され、水噴射器76は水を霧状に噴射してガソリン供給パイプ68に供給するように構成される。

【0040】改質器64には改質管67を加熱するための第1補助加熱器81が設けられ、電池ケース63には外側室63e内の燃料予熱管61及び空気予熱管62を加熱するための第2補助加熱器82が設けられる。また改質器64にこの改質器64の温度を検出する改質器温度センサ（図示せず）が設けられる。第1補助加熱器81は改質用ケース66の下面に取付けられた第1ケース81aと、この第1ケース81aに挿入された第1バーナ81bとを有する。第2補助加熱器82は電池ケース63の下面に取付けられた第2ケース82aと、この第2ケース82aに挿入された第2バーナ82bとを有する。第1及び第2バーナ81b、82bには軽油が供給されるように構成される。更に上流側排気管21a、上流側分岐管21c及び連通管63fには第1～第3モータバルブ91～93がそれぞれ設けられる。第1～第3モータバルブ91～93は上記管21a、21c、63fを開閉するバルブ本体91a～93aと、これらのバルブ本体91a～93aを駆動する第1～第3モータ91b、93bとを有する。

【0041】上記モジュール温度センサ72及び改質器温度センサの各検出出力はコントローラ77の制御入力にそれぞれ接続され、コントローラ77の制御出力は空気流量調整弁71、ガソリン噴射器73、水噴射器76、電力供給切換器78、ヒータ46、第1補助加熱器81、第2補助加熱器82、第1～第3モータ91b～93b及び気化器22にそれぞれ接続される。電力供給切換器78には発電機12、燃料電池モジュール13、二次電池14及び電動モータ16が電気的にそれぞれ接続される。またエンジン11にはこのエンジン11を自動的に始動又は停止するエンジン自動オンオフ装置（図示せず）が設けられ、この装置はコントローラ77に制御出力に接続される。更に二次電池14には電力供給切換器78により発電機12及び燃料電池モジュール13のいずれか一方又は双方から供給された電力を蓄えるように構成され、電動モータ16には電力供給切換器78により発電機12、燃料電池モジュール13及び二次電池14からなる群より選ばれた1種又は2種以上から電力が供給されるように構成される。なお、図2の符号79は電池ケース63を一对の電極端子58、58から電気的に絶縁するための絶縁リングである。

【0042】このように構成されたハイブリッド動力システムの動作を説明する。エンジン11を始動すると、エンジン11が機械的動力を発生し、この機械的動力がクランク軸11aから発電機12の入力軸12aに伝達されることにより、発電機12が駆動されて電力を発生する。エンジン11始動直後は、燃料電池モジュール1

3の温度が発電可能な温度(例えば650℃)に達していないので、コントローラ77はモジュール温度センサ72及び改質器温度センサ(図示せず)の各検出出力に基づいて、ガソリン噴射器73、水噴射器76及び第1モータバルブ91を閉じた状態に保ち、空気流量調整弁71、第2モータバルブ92及び第3モータバルブ93を開いた状態に保ち、更に電力需給切換器78を制御して発電機12で発生する電力及び二次電池14に蓄えられた電力を電動モータ16に供給し自動車を走行させる。ここで、エンジン11始動直後から燃料電池モジュール13に空気を流すのは、空気予熱管62で加熱された空気がセパレータ33及び第2端板42から発電セル24全面に均一に吹出されるため、燃料電池26の内側からも加熱でき、燃料電池26の温度を均一に保ちながら、迅速に加熱できるためである。更に急速な燃料電池モジュール13の発電運転が必要な場合には、ヒータ46に通電する。

【0043】一方、エンジン11を始動すると、エンジン11から高温の排ガスが排出される。この排ガスの約半分は排気マニホールド19及び上流側排気管21aを通過して電池ケース63内の外側室63eに供給され、残りの半分は上流側排気管21aから分岐する上流側分岐管21cを通過して改質用ケース66内に供給される。電池ケース63内の燃料電池26がエンジン11の排ガス、或いはエンジン11の排ガス及びヒータ46により加熱されて発電可能な温度に達したことをモジュール温度センサ72が検出すると、コントローラ77はこのモジュール温度センサ72の検出出力に基づいて、ガソリン噴射器73、水噴射器76及び第1モータバルブ91を所定の開度でそれぞれ開き、ヒータ46に通電している場合にはヒータ46への通電を停止する。ガソリン噴射器73及び水噴射器76を開くと、ガソリンと水が改質器64の改質管67に流入し、改質用ケース66内を通過する排ガスにより加熱されて気化し、水蒸気を含む燃料ガスになる。

【0044】この水蒸気を含む燃料ガスは改質管67内で改質粒子に接触し低炭化水素族に改質されて、電池ケース63内の燃料予熱管61に流入する。この改質された燃料ガスは燃料予熱管61内で燃料電池26の外周面を螺旋状に回りながら高温の排ガスと熱交換することにより更に加熱された後に燃料用ディストリビュータ27に供給され、空気供給パイプ69から空気予熱管62に流入した空気は空気予熱管62内で燃料電池26の外周面を螺旋状に回りながら高温の排ガスと熱交換することにより加熱された後に空気用ディストリビュータ28に供給される。なお、電池ケース63内の燃料電池26がエンジン11の排ガスとヒータ46による加熱だけでは発電可能な温度に達するまでに多くの時間を要するときには、コントローラ77は第1及び第2補助加熱器81、82を作動させる。

【0045】発電に最適な温度に加熱されかつ改質された燃料ガスを燃料用ディストリビュータ27に導入すると、この燃料ガスは燃料用短管51及び燃料供給通路43、47を通過し、セパレータ33及び第2端板42の略中心から燃料極集電体34の中心に向かって吐出する。これにより燃料ガスは燃料極集電体34内の気孔を通過して燃料極層31の略中心に速やかに供給され、更にセパレータ33のスリット33b及び第2端板42のスリット42bにより案内されて燃料極層31の略中心から外周縁に向かって渦巻き状に流れる。同時に発電に最適な温度に加熱された空気を空気用ディストリビュータ28に導入すると、この空気は空気用短管52及び空気供給通路44、48を通過し、セパレータ33の多数の第3空気穴44c及び第1端板41の多数の第3空気穴(図示せず)からシャワー状に空気極集電体36に向かって吐出する。これにより空気は空気極集電体36内の気孔を通過して空気極層32に略均一に供給される。

【0046】空気極層32に供給された空気は空気極層32内の気孔を通過して固体電解質層29との界面近傍に到達し、この部分で空気中の酸素は空気極層32から電子を受け取って、酸化物イオン( $O^{2-}$ )にイオン化される。この酸化物イオンは燃料極層31の方向に向かって固体電解質層29内を拡散移動し、燃料極層31との界面近傍に到達すると、この部分で燃料ガスと反応して反応生成物(例えば、 $H_2O$ )を生じ、燃料極層31に電子を放出する。この電子を燃料極集電体34により取り出すことにより電流が発生し、電力が得られる。

【0047】上記のように燃料ガスがセパレータ33の略中央及び第2端板42の略中央から吐出され、かつスリット33b、42bにより案内されるので、燃料ガスの反応経路が長くなる。この結果、燃料ガスがセパレータ33及び第2端板42の外周縁に到達するまでに、燃料ガスが燃料極層31と極めて多く衝突するので、上記反応回数が増え、燃料電池26の性能向上を図ることができる。従って、セパレータ33及び第2端板42の外径が大きくなればなるほど、燃料ガスの反応経路が長くなり、これに伴って反応回数が増え、燃料電池26の出力向上に繋がる。なお、 $(n+1)$ 個の発電セル24は導電性材料により形成されたセパレータ33、燃料極集電体34及び空気極集電体36を介して直列に接続され、かつ燃料電池26の両端の第1端板41及び第2端板42には一対の電極端子58、58が設けられているため、これらの電極端子58、58から大きな電力を取り出すことができる。

【0048】また燃料極層31の外周面からは高温の燃料ガスが排出され、空気極層32の外周面からは高温の空気が排出されるので、これらの混合ガスは流通管63fを通過して外側室63eに流入し、燃料予熱管61内の燃料ガス及び空気予熱管62内の空気が加熱される。この結果、コントローラ77は燃料電池26が発電を開始

してから所定時間経過後に、第2モータバルブ91を閉じて電池ケース63内へのエンジン11の排ガスの導入を停止する。一方、コントローラ77は燃料電池モジュール13が電力を発生すると、電力需給切替器78を制御して燃料電池モジュール13からの電力を電動モータ16に供給するとともに、気化器を制御することにより吸気管18へのガソリンの供給を停止して、エンジン11を停止させる。また電動モータ16の出力が不足しているとき、或いは二次電池14の充電量が不足しているときには、コントローラ77はエンジン11を始動して、発電機12から電動モータ16或いは二次電池14に電力を供給する。

【0049】なお、上記実施の形態では、固体電解質層を一般式(1):  $Ln1A GaB1B2B3O$ 、又は一般式(2):  $Ln1A GaB1B2B3O_{x-1}$  で示される酸化物イオン伝導体により形成したが、YSZ(イットリヤを添加した安定化ジルコニア)からなる酸化物イオン伝導体により形成してもよく、或いはプロトン伝導体(セリア系など)により形成してもよい。また、上記実施の形態では、電気機器として電動モータを挙げたが、コンピュータ、ランプ(照明灯)、電気ヒータ等の電気機器でもよい。

【0050】また、上記実施の形態では、エンジンの発生する機械的動力を発電機にて電力に変換し、この電力又は燃料電池モジュールの発生する電力のいずれか一方又は双方により電動モータを駆動し、この電動モータの発生する機械的動力により自動車を走行させたが、船、電車、飛行機(プロペラタイプ)、モータサイクル又は建設機械などを駆動してもよい。またエンジンのクランク軸に第1クラッチを接続し、燃料電池モジュールの発生する電力により駆動される電動モータの出力軸に第2クラッチを接続し、電動モータ又はエンジンの発生する機械的動力のいずれか一方又は双方により自動車、船、電車、飛行機(プロペラタイプ)、モータサイクル又は建設機械などを駆動してもよい。

【0051】また、上記実施の形態では、エンジン及び改質器にガソリンを供給したが、軽油又はプロパンを供給してもよい。また、上記実施の形態では、改質器の改質管にガソリン等が流通可能な密度で改質粒子を充填し、この改質粒子によりガソリン等を低炭化水素族の燃料ガス等に改質したが、燃料予熱管内にガソリン等が流通可能な密度で改質粒子が充填し、この改質粒子によりガソリン等を低炭化水素族の燃料ガス等に改質できれば、改質器は不要になる。更に、上記実施の形態では、セパレータをステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成したが、ランタンクロマイト( $La_{0.9}Sr_{0.1}CrO_3$ )等の導電性を有するセラミックにより形成してもよい。

【0052】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、炭

化水素を気化した燃料ガスと空気の混合気の燃焼にて動力を発生し、固体電解質層とこの両面に配設された燃料極層及び空気極層とからなる発電セルを複数積層した燃料電池モジュールの燃料極層に上記炭化水素を改質した燃料ガスを供給し、かつ空気極層に空気又は酸素を供給することにより930℃以下で発電し、更にエンジンの発生する機械的動力又は燃料電池モジュールの発生する電力のいずれか一方又は双方を出力するように構成したので、エンジンを始動すると、エンジンが機械的動力を発生し、燃料電池モジュールが所定の温度に達すると、炭化水素を改質した燃料ガスが空気又は酸素とともに燃料電池モジュールに供給され、燃料電池モジュールが発電を開始して電力を発生する。燃料電池モジュールの発生する電力が十分であるときには、エンジンを停止し、燃料電池モジュールの発生する出力が不足しているときには、エンジンを始動してこのエンジンの発生する機械的動力を出力する。また燃料電池モジュールに供給される燃料ガスの原料として通常のガソリンスタンドでは給油できないメタノールを用いる従来の燃料電池発電システムと比較して、本発明では通常のガソリンスタンドで給油可能なガソリンを用いることができる。

【0053】またエンジンから排出された排ガスにより、燃料電池モジュールを加熱して起動可能に構成すれば、上記排ガスの熱により、燃料電池モジュールが起動可能な温度まで上昇するので、燃料電池モジュールが発電可能になる。またエンジンの発生する機械的動力を発電機により電力に変換して出力するように構成すれば、エンジンを始動すると、エンジンにより発電機が駆動されて電力を発生する。この結果、燃料電池モジュールの発生する電力が十分であるときには、エンジンを停止し、燃料電池モジュールの発生する電力が不足しているときには、エンジンを始動して、エンジンの発生する機械的動力を発電機により電力に変換して出力する。

【0054】また燃料電池モジュール又は発電機のいずれか一方又は双方が発生する電力を二次電池に蓄えるように構成すれば、出力が不足しているときには、二次電池に蓄えられた電力が出力され、燃料電池モジュール又は発電機の発生する電力が余っているときには、燃料電池モジュール又は発電機の発生する電力が二次電池に蓄えられる。また燃料電池モジュール、発電機及び二次電池からなる群より選ばれた1種又は2種以上の発生する電力を電気機器に出力し、この電気機器を上記電力により駆動するように構成すれば、燃料電池モジュールから電気機器に出力される電力が十分であるときには、エンジンを停止し、電気機器に出力される電力が不足しているときには、エンジンを始動して、エンジンの発生する機械的動力を発電機により電力に変換して電気機器に出力する。

【0055】またエンジンから排出された排ガスにより、発電セルに供給される燃料ガスを改質すれば、燃料

## 2.1

ガスは発電運転に最適な低炭化水素族になる。また燃料予熱管及び酸化剤予熱管を燃料電池モジュール内に設け、エンジンから排出された排ガスにより酸化剤予熱管が予熱されて酸化剤予熱管を通る酸化剤ガスが加熱され、エンジンから排出された排ガスにより燃料予熱管が予熱されて燃料予熱管内を通る水蒸気を含む炭化水素が改質されるので、上記燃料ガス及び酸化剤ガスが発電セルに供給されることにより、燃料電池モジュール全体が速やかに最適な温度に上昇して発電可能になる。また燃料予熱管内に炭化水素が流通可能な密度で改質粒子を充填すれば、水蒸気を含む燃料ガスが燃料予熱管内で改質粒子に接触し低炭化水素族の燃料ガス等に改質されて発電セルに供給される。

【0056】また改質器の改質用ケースにエンジンの排ガスを導入し、この改質用ケースに収容された改質管に改質粒子を充填すれば、炭化水素が水とともに改質管に流入すると、この炭化水素及び水は上記エンジンの排ガスにて加熱されて気化し、水蒸気を含む燃料ガスになる。この結果、上記水蒸気を含む燃料ガスは改質器で効率良く低炭化水素族の燃料ガス等に改質される。また改質器が燃料モジュール近傍に設けられているので、改質器が燃料モジュールから発電時に発生する熱を吸収して、水蒸気を含む燃料ガスが改質管内で改質粒子により更に効率良く低炭化水素族の燃料ガス等に改質される。

【0057】また第1補助加熱器により改質器内の改質管を加熱すれば、改質器の改質管内の炭化水素及び水はエンジンの排ガスのみならず、第1補助加熱器により加熱されるので、速やかに気化して水蒸気を含む燃料ガスになるとともに、この水蒸気を含む燃料ガスは改質管内で改質粒子に接触し、速やかに低炭化水素族の燃料ガス等に改質される。また第2補助加熱器により燃料電池モジュール内の燃料予熱管及び酸化剤予熱管を加熱すれば、燃料ガス及び酸化剤ガスはエンジンの排ガスのみならず、第2補助加熱器により加熱されるので、発電に最適な比較的高温に加熱された後に発電セルに供給される。

【0058】また炭化水素のうち常温で液体である高沸点の炭化水素を燃料噴射器により霧状に噴射して燃料予熱管に供給したり、或いは水を水噴射器により霧状に噴射して燃料供給パイプに供給すれば、液体の燃料又は水を速やかに気化することができる。更に燃料電池モジュールにこの燃料電池モジュールの温度を検出するモジュール温度センサを挿入し、燃料電池モジュールがエンジンの排ガスにより加熱されて発電可能な温度に達したこ

## 2.2

とをモジュール温度センサが検出したときに、コントローラが燃料電池モジュールを制御して発電運転を開始すれば、燃料電池モジュールにより効率良く発電することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施形態のハイブリッド動力システムを示す構成図。

【図2】その燃料電池モジュールの縦断面図。

【図3】その燃料電池の図4のA-A線断面図。

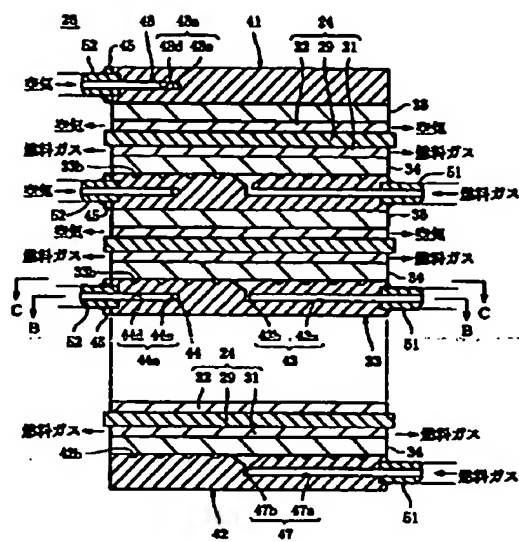
【図4】図3のB-B線断面図。

【図5】図3のC-C線断面図。

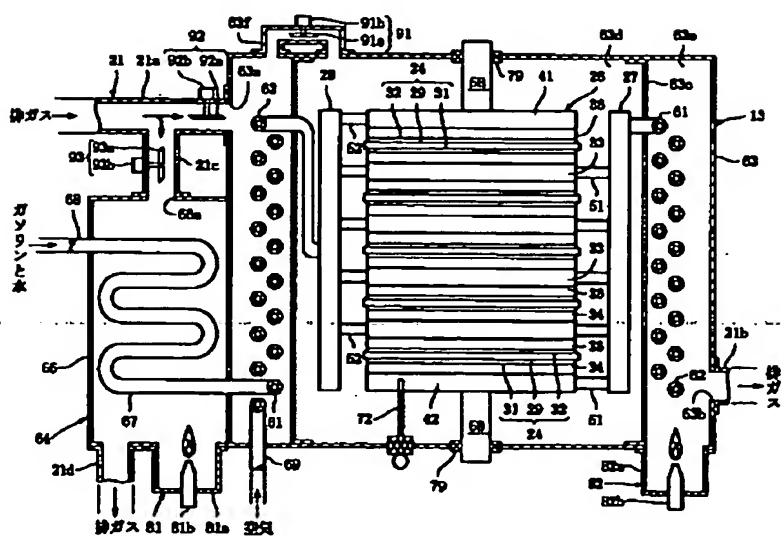
【符号の説明】

- 11 エンジン
- 12 発電機
- 13 燃料電池モジュール
- 14 二次電池
- 16 電動モータ（電気機器）
- 21a 上流側排気管
- 21c 上流側分岐管
- 24 発電セル
- 29 固体電解質層
- 31 燃料極層
- 32 空気極層
- 61 燃料予熱管
- 62 空気予熱管（酸化剤予熱管）
- 63d 内側室
- 63e 外側室
- 63f 連通管
- 64 改質器
- 66 改質用ケース
- 67 改質管
- 68 ガソリン供給パイプ（燃料供給パイプ）
- 69 空気供給パイプ（酸化剤供給パイプ）
- 71 空気流量調整弁
- 72 モジュール温度センサ
- 73 ガソリン噴射器（燃料噴射器）
- 74 水供給パイプ
- 76 水噴射器
- 77 コントローラ
- 81 第1補助加熱器
- 82 第2補助加熱器
- 91 第1モータバルブ
- 92 第2モータバルブ
- 93 第3モータバルブ

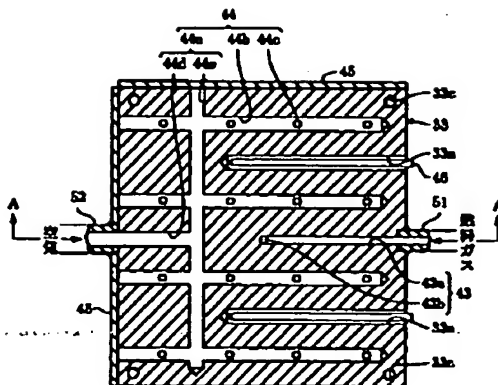
【図3】



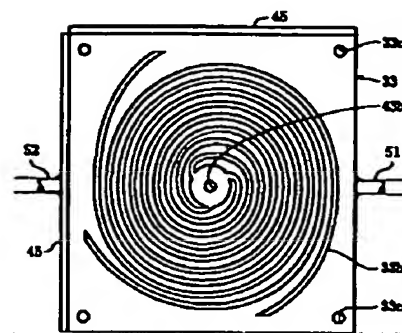
【图2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. 7

H01M 8/04

識別番号

F I

H01M 8/04

特許コード(参考)

J

P

X

G

8/06

8/06

8/12

8/12

Fターム(参考) 5H026 AA06 BB01 HH08

5H027 AA06 BA01 DD01 DD03 DD05

DD09 KK41 KK51 MM01 MM06

5H115 PA11 PG04 PI18 PO06 PU01

PU21 SE06 TO05 TR19 TU17

UI35



PAT-NO: JP02002280007A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002280007 A  
TITLE: HYBRID POWER SYSTEM  
PUBN-DATE: September 27, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
COUNTRY  
AKIKUSA, JUN N/A  
HOSHINO, KOJI N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME  
COUNTRY  
MITSUBISHI MATERIALS CORP N/A

APPL-NO: JP2001387934

APPL-DATE: December 20, 2001

PRIORITY-DATA: 2000402475 ( December 28, 2000)

INT-CL (IPC): H01M008/00, B60L011/18 , H01M008/02  
, H01M008/04 , H01M008/06  
, H01M008/12

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To use gasoline, light oil, or the like supplied in a usual gasoline station as a raw material of fuel gas supplied to a fuel cell module.

SOLUTION: Mixture gas of fuel gas vaporized from hydrocarbon and air is burned in an engine 11 to generate mechanical power. The fuel gas obtained by reforming hydrocarbon is supplied to a fuel electrode layer of a fuel cell module 13 fabricated by stacking a plurality of power generating cells each comprising a solid electrolyte layer, and a fuel electrode layer and an air electrode layer placed on each side of the solid electrolyte layer, and air or oxygen is supplied to the air electrode layer. Thereby, the fuel cell module 13 generates power at 930°C or lower. Either one or both of mechanical power generated in the engine 11 and electric power generated in the fuel cell module 13 are outputted.

COPYRIGHT: (C) 2002, JPO